

CONCRETO DE ALTO DESEMPENHO (CAD)

HIGH PERFORMANCE CONCRETE

QUISSANGA, Vencislau Manuel¹
PIMENTEL, Fabiano²

Resumo: Nos dias de hoje, o uso do Concreto de Alto Desempenho, vem para suprir, a demanda por estruturas duráveis, e não apenas que atendam às necessidades do presente. Entende-se por estrutura durável aquela que resiste com segurança às solicitações externas na sua combinação mais desfavorável, porém com desempenho de serviço acima do mínimo. Este trabalho tem como base o estudo do concreto de alto desempenho- CAD, tratando de mostrar as características principais: elevada resistência mecânica e excelente durabilidade, obtidas com utilização de baixas relações água/cimento, representando a diferença do concreto convencional. Atribui-se o desenvolvimento desta tecnologia com a utilização de dois novos materiais na dosagem dos concretos: as adições minerais (sílica ativa) e os aditivos superplastificantes. Nesse sentido, esse trabalho visa contribuir na avaliação do comportamento do CAD produzido a partir dos materiais disponíveis em qualquer região. Partindo-se da hipótese que a quantidade de superplastificante adicionada à mistura pode alterar a resistência a compressão do CAD. Os concretos foram produzidos com mesmo traço, porém com diferentes relações água/cimento.

Palavras-chave: CAD; Aditivos; Resistencia; Durabilidade.

Abstract: Nowadays, the use of High Performance Concrete comes to meet the demand for durable structures, not just meet the needs of the present. A durable structure is understood to be one that resists securely to external requests in its most unfavorable combination, but with service performance above the minimum. This work is based on the study of high performance concrete-CAD, trying to show the main characteristics: high mechanical strength and excellent durability, obtained using low water / cement ratios, representing the difference of conventional concrete. The development of this technology is attributed to the use of two new materials in the dosage of concretes: the mineral additions (active silica) and the superplasticizing additives. In this sense, this work aims to contribute to the evaluation of the behavior of CAD produced from materials available in any region. From the hypothesis that the amount of superplasticizer added to the mixture can change the compressive strength of the CAD. The concretes were produced with the same trace, but with different water / cement ratios.

Keywords: CAD; Additives; Resistance; Durability.

¹ Engenheiro Civil - Universidade Santa Úrsula - venmanquissan@gmail.com

² Mestre em Engenharia Civil - Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ) - pimentel_fabiano@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O desenvolvimento na construção de estruturas de concreto, traz a necessidade de avaliação de algumas características mecânicas do material. Entre as características importantes encontradas nestas estruturas estão, a resistência e a durabilidade. Com isso deve-se a larga aceitação na indústria da construção já que dispensa grandes gastos de manutenção de estruturas. Para que apresente excelentes resultados de desempenho e qualidade, o concreto requer de certos cuidados na sua elaboração, visando otimizar a sua vida útil e desempenho. A correta execução envolve estudo do traço, além da dosagem, manuseio e cura adequados. Quando algum desses itens não é devidamente seguido, surgem problemas que precisam ser corrigidos com técnicas, produtos e mão- de- obra adequados.

Durante os anos 60, para se produzir um concreto com resistência à compressão de 30 MPa era necessário um consumo de cimento muito alto, entre 400 a 500 kg/m³. Com o crescimento da atividade da construção a partir da década de 70 e o surgimento da indústria do concreto pré-moldado, verificou-se uma otimização nos traços dos concretos, procurando-se atingir concretos mais resistentes com um teor de cimento cada vez menor (FERREIRA, 2000).

Na história do processo de normalização do Brasil, somente se teve em conta o estudo do CAD no ano de 2014, visto que várias pesquisas sobre o concreto de alto desempenho, se obteve resultados eficientes possibilitando então sua aplicação. Com o desenvolvimento dos aditivos químicos, capazes de modificar algumas das suas propriedades, aperfeiçoando-o como material de construção, incentivou-se a pesquisa sobre materiais pozolanicos, pois a ação combinada desses dois produtos resultou num aperfeiçoamento do concreto. A utilização de determinados rejeitos industriais, com propriedades pozolanicas, reduzem o custo e a quantidade de energia consumida na produção do concreto contribuindo para a preservação ambiental. A durabilidade é uma outra característica importantíssima que passou a ser exigida desse material. Mas a utilização real do CAD teve que superar o conservadorismo de engenheiros e arquitetos, a reduzida disponibilidade comercial em centrais pré-misturadas, a pequena trabalhabilidade das composições iniciais, as limitações impostas pelos códigos de obra ou do cálculo estrutural além da falta de conhecimento sobre o seu comportamento em longo prazo. Hoje em algumas regiões brasileiras o CAD é empregado em pilares de edificações, em pontes e obras de arte especiais, peças pré-fabricadas, pisos e pavimentos ou em recuperações estruturais entre outras (BACCIN e PINHEIRO, 1997).

Dependendo do tipo de estrutura que se deseja, os engenheiros devem projetar estruturas que são capazes de suportar todas as cargas existentes sem sofrer danos substanciais. Para além da estrutura atender os requisitos de segurança, deve também atender a estética ou conforto que as pessoas precisam. Caso não responda com o anterior, significa que não é adequado para ocupação.

OBJETIVOS DA PESQUISA

Objetivo geral

1. Dar um melhor conhecimento dos materiais constituintes do concreto de alto desempenho, da quantidade que os mesmos devem ser empregados nos traços de concretos, das alterações existentes na forma de produção do concreto de alto desempenho e dos diferentes procedimentos adotados para controle de qualidade do CAD.
2. Comparar concreto comum com o CAD, o que muda em suas características mecânicas. (Módulo de elasticidade, por exemplo)
3. Mostrar as diferenças que a norma faz para o CAD e os demais concretos.

Objetivos específicos

Estudar o uso de diferentes aditivos para a correta fabricação do concreto de alto desempenho e sua aplicação nas diferentes engenharias.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao longo deste trabalho, serão apresentados os materiais constituintes do concreto de alto desempenho, tais como: tipo de cimento, agregado graúdo, agregado miúdo, adições minerais como sílica ativa, cinza volante, escória de alto forno e aditivos. Serão feitas considerações sobre dosagem do concreto de alto desempenho e os cuidados necessários para produção, tais como: estrito controle de qualidade dos componentes, atenção especial para a invariabilidade da relação água/cimento, dosagem em peso de todos os materiais constituintes, determinação periódica da granulometria e unidade dos agregados. Também serão discutidos os procedimentos para controle de qualidade do concreto de alto desempenho, como tipos de ensaios, idade de realização dos ensaios e tipo de molde para os corpos-de-prova.

Serão estudadas algumas metodologias para a execução do concreto de alto desempenho, sua aplicação nas outras engenharias, as propriedades mecânicas do concreto de alto desempenho, se fará uma abordagem em geral sobre o concreto em si, já que basicamente todos os concretos partem deste princípio.

Serão destacadas as diferenças existentes entre o concreto de alto desempenho com o concreto de resistência usual.

Conceito de concreto de alto desempenho

O Concreto de Alto Desempenho - CAD é um material que apresenta melhor comportamento durante a utilização da construção em patamar mais elevado que os concretos comuns- CC, ou seja,

também se pode dizer que é a causa da evolução dos concretos produzidos ao longo dos anos, atendendo satisfatoriamente às exigências requeridas pelo proprietário ou pelo usuário em conformidade com os projetistas de estrutura de concreto. Entende-se por desempenho não apenas a resistência mecânica, mas também a trabalhabilidade, a estética, o acabamento, a integridade, e, principalmente, a durabilidade.

Segundo Cordeiro (2001), afirma que o concreto de alta resistência, como era denominado nos anos 70, hoje é definido não somente em função de sua resistência superior, mas principalmente destaca-se uma menor permeabilidade, maior resistência ao desgaste e abrasão, enfim, maior durabilidade. De acordo com MEHTA e MONTEIRO (1994), a busca por um concreto com maior durabilidade está presente em cerca de 75% das obras em concreto de alta resistência.

O *American Concrete Institute*, através do Comitê 201 (1994), define a durabilidade de um concreto como sua habilidade para resistir às ações atmosféricas, ataques químicos, abrasão e outros processos de deterioração. As ações atmosféricas referem-se aos efeitos ambientais, tais como exposição a ciclos de molhagem secagem e congelamento e descongelamento. Os processos de deterioração química incluem ataques de substâncias ácidas e reações de expansão, tais como reações de sulfatos, reações álcali-agregados e corrosão de armaduras de aço no concreto. (CORDEIRO, 2001)

No Brasil não há uma definição consensual do CAD, apenas do CAR. A ABNT NBR 8953 (2009) – *Concretos para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência* - divide as misturas em duas classes. A classe I abrange concretos de resistência de 20 até 50MPa, com intervalos de 5MPa. Já a classe II, considerada a classe para os CAR, especifica os concretos de 55 até 80MPa (55, 60, 70 e 80MPa). É importante ressaltar que a ABNT NBR 6118 (2007) utiliza essa mesma classificação. O ACI (*American Concrete Institute*) adota o mesmo limite de 55MPa para o concreto a ser um CAR.

Pelo exposto, a definição de CAR não contempla a de CAD, porque o primeiro enfoca a resistência mecânica como elemento básico da sua constituição, enquanto o segundo abrange todas as propriedades do concreto de modo holístico, focado no resultado final: o máximo desempenho global. Portanto existem várias definições para CAD, algumas mais simples outras mais complexas. Segundo o ACI (1992), pode-se definir o CAD como: Um concreto que atenda uma combinação especial entre desempenho e requisitos de uniformidade que não pode ser atingida rotineiramente com o uso de componentes convencionais e práticas normais de mistura, lançamento e cura.

O CAD deve apresentar, simultaneamente, alta trabalhabilidade, alta resistência e alta durabilidade. Claro que o conceito de ‘alta’ é subjetivo, mas pode ser entendido como acima do normal para determinadas aplicações. Para efeitos práticos, grande parte da literatura adota como parâmetro definidor do CAD aos concretos que apresentam relação a/c ou a/ag entre inferior a 0,4.

Mais recentemente, Aïtcin (2000) definiu o CAD como um concreto “engenheirizado” no qual uma ou mais características específicas são realçadas por meio de seleção e proporcionamento adequado de seus constituintes. O autor admite que essa definição é vaga, entretanto tem a vantagem de indicar que não existe um único tipo de CAD, mas uma família de novos tipos de concreto, considerados de alta tecnologia, cujas propriedades podem ser adaptadas a condições industriais específicas.

METODOLOGIA

O estudo apresentado foi baseado no desenvolvimento das informações relativamente ao concreto de alto desempenho tendo em conta os anos. Sendo assim, em informações teóricas, como: bibliografias técnicas e em documentos de obras.

Para a obtenção da bibliografia necessária, realizou-se vasta pesquisa em livros da área de Concreto de forma geral, em manuais técnico, norma brasileira regulamentadora e não só, pesquisa de teses e dissertações relacionadas ao tema.

Depois da recolha e a organização da bibliografia, se efetuou uma análise crítica do material, com o objetivo de direcionar o foco dos estudos e buscar as informações mais pertinentes ao tema.

Concluída esta etapa, passou-se para a fase de comparação dos elementos: o Concreto de Alto Desempenho - CAD e o Concreto Convencional- CC. Depois buscou-se reunir a maior quantidade de informações possíveis sobre a as vantagens, quer seja do ponto de vista elaborável, de durabilidade e econômico.

ESTRUTURA DO CONCRETO

O concreto não é mais que o resultado proveniente da mistura de cimento, água, pedra e areia, sendo que um material denominado cimento ao ser hidratado pela água, depois de um determinado tempo forma uma pasta resistente e aderente aos fragmentos de agregados (pedra e areia), de maneiras a formar um bloco monolítico ou seja um elemento pétreo que se comporta como um conjunto rígido.

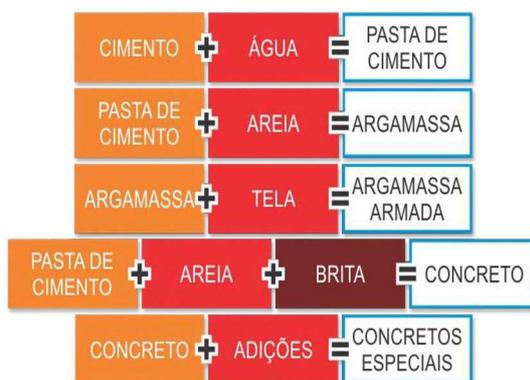
Com relação ao preparo do concreto, se deve prestar muita atenção no cuidado que se toma com a qualidade e a quantidade da água a utilizar, pois a água é a responsável pela ativação das reações química que transforma o cimento em pasta aglomerante. Se a quantidade de água for muito pouca, a reação não ocorrerá por completo e se a quantidade de água for demasiada ou superior a ideal, a resistência diminuirá significativamente em função dos poros que ocorrerão quando este excesso evaporar.

Para o concreto, é muito importante que haja um estudo detalhado sobre a distribuição granulométrica de maneiras á que a mesma preencha todos os espaços vazios, pois a porosidade por

sua vez tem uma grande influência na permeabilidade e sobre tudo na resistência das estruturas de concreto.

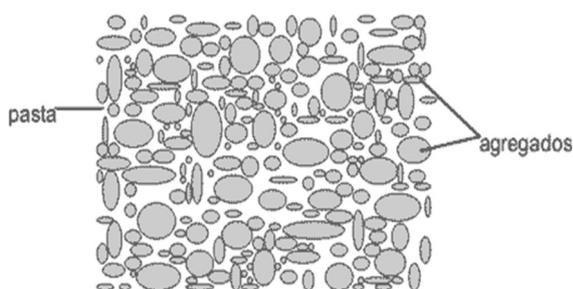
Portanto, a proporção entre todos os materiais que fazem parte do concreto que é também denominada por dosagem ou traço, deve estar em função do concreto que se pretende, obtendo então características especiais, (acrescentarmos à mistura, aditivos, isopor, pigmentos, fibras ou outros tipos de adições). Cada material a ser utilizado na dosagem deve ser analisado previamente em laboratório (conforme normas da ABNT), a fim de verificar a qualidade e para se obter os dados necessários à elaboração do traço.

Figura 1 - Fluxograma do material constituinte do concreto



Fonte: Adaptado de Carvalho e Figueiredo Filho (2014)

Figura 2 - Estrutura de Concreto hidráulico.



Fonte: (ELCONSTRUCTORCIVIL, 2014)

Se pode incluir como parte da estrutura de concreto o ar, que se encontra na massa. O ar pode ser aquele que se produz de forma natural durante a mistura e colocação do concreto no molde ou coragem, que no caso se chama ar aprisionado (o ar que se mantém preso entre o concreto e o molde), este ar, deve constituir no máximo 2% em volume, mas pode ser mais, especialmente se a colocação do mesmo ser defeituosa. A forma das bolhas de ar presos é irregular. Por outro lado, quando se introduz ar intencionalmente no concreto, geralmente por meio de um aditivo, a bolha ganha uma forma é esférica. O ar introduzido é gerado durante a mistura. E este tipo de ar introduzido

intencionalmente no concreto, a sua quantidade deve estar num rango de 4 e 6% com objetivo de protege-lo contra os efeitos do intemperismo.

Análises comparativo dos resultados

Se pode argumentar que o concreto de alto desempenho não é algo completamente diferente do concreto convencional, ou seja o nome concreto de alto desempenho, surge como normalmente surgem os outros nomes, entre as outras razões, também para publicitar um novo produto, já que os ingredientes bases são os mesmos. Por tanto, o concreto de alto desempenho evolui gradualmente durante os últimos 15 anos aproximadamente, principalmente a sua produção, tendo como resistências cada vez más altas: 80, 90 100, 120 MPa, e as vezes maiores. Atualmente, em algumas partes do mundo podem produzir-se de maneira ratinaria resistências de 140 MPa. Mas o concreto de alto desempenho não é o mesmo que o concreto de alta resistência. Se mudou a ênfase, de uma resistência muito alta para outras propriedades desejadas em algumas circunstancias. Que são: alto módulo de elasticidade, alta densidade, baixa permeabilidade e resistência a algumas formas de ataque.

Como dito anteriormente, os ingredientes bases para a conformação do concreto de alto desempenho são os mesmos. Mas não quer dizer que o concreto de alto desempenho e o convencional são iguais, já que: Primeiro, o concreto de alto desempenho em geral conte sílice ativa, já o concreto ordinário ou convencional normalmente não possui. Segundo, o concreto de alto desempenho geralmente (não é sempre), contem cinza volante ou escória de alto forno granulada e moída (a escória, para abreviar), ou ambos materiais. Este agregado deve ser escolhido cuidadosamente, e tem um tamanho máximo más pequeno que no caso do concreto convencional: no concreto de alto desempenho, o tamanho máximo é normalmente de 10 a 14 mm. Uma das razões disso é que, como as partículas de agregado são más pequenas, então são más fortes em comparação com as grandes. Isto deve-se ao fato de que a trituração da rocha remove as imperfeições grandes, que são as que controlam a resistência.

Como já referido no trabalho, os concretos de alto desempenho são concretos que para além de excelentes resistências (400 a 1000 Kg./cm²), tem características particulares de trabalhabilidade, grande impermeabilidade e durabilidade e a agressividade química, mediante a inclusão de aditivos minerais e fibras. Por tanto as vantagens em comparação com o convencional são:

- Permite maior tempo de vida da estrutura.
- Se podem desenhar menores secções estruturais, com otimização nas áreas de construção.
- Incremento de rendimentos em execução de obras.
- Muito pouca o nenhuma compactação.

- Facilitar a construção de edifícios mais altos, dado a possibilidade de aplicar maiores cargas a estrutura e cimentação. (Neville e Brooks, 2013)
- Na construção de ponte, reduzir o número de vigas. (Neville e Brooks, 2013)

Aplicações do concreto

Os concretos de alto desempenho têm um campo amplo de aplicações quase em todo ramo da engenharia, e em cada um deles se estende a uma diversidade de projetos com propósitos estabelecidos que requerem das qualidades de este tipo de concretos. Por tanto, mais abaixo veremos os ramos da engenharia com algumas das atividades nas quais têm grande valor e se justifica a presença ou a necessidade de implementar concretos de alto desempenho.

Figura 3 - Barragem Hidroelétrica



Fonte: Sobradinho notícias, 2016

Figura 4 – Estrutura de contenção



Fonte: (Muro de contenção de Almeida, 2013)

Figura 5 - Edifício alto



Fonte: (Proyecto de Arquitectura, 2014)

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Neste trabalho se pode observar que se utilizo sem dificuldades os argumentos relacionados ao método de dosagem desenvolvido pelo ACI 211 (2009). A dosagem de Concreto de um Alto Desempenho requer de avaliação prévia do comportamento esperado do material, da vida útil de serviço, de prever a facilidade de colocação e compactação na obra. Se necessita de uma quantidade de ensaios de proporções que permitam garantir as características mecânicas e de durabilidade. O desenvolvimento dos ensaios, facilitam a sua fabricação em garantir as propriedades mecânicas e de durabilidade. As proporções dependem de um equilíbrio judicioso entre o tamanho máximo do agregado, adições minerais (fumaça sílica, cinzas, escórias) e aditivos químicos que permitem o manuseio, reduzir a permeabilidades, adesão, reduzir a porosidade, manter baixa relação água/cimento, baixa variação da dosagem básica e controlo da temperatura. Tudo isto acompanhado de cura, transporte e logística colocação em obra.

A utilização de concreto de alto desempenho requer ou exige considerações desde a sua chegada, transporte, manejo, manipulação, tempo de manipulação que são menores que o de um concreto convencional, sua alta fluidez pela incorporação de aditivos, alto conteúdo de cimento e baixa segregação. A isso, se acrescenta a realização ou controle apropriado de imprevistos com a ajuda de equipamentos eficientes que permitam a manter a homogeneidade e a velocidade de

colocação do concreto. Por tanto, a modo de comparação, o concreto de alto desempenho é aquele que apresenta melhor comportamento na sua aplicação tanto em estado fresco como em estado ceco, já que apresenta também propriedades mecânicas importantes que são integradas no desenho estrutural com vantagens técnicas e econômicas competitivas. Os projetos realizados com concreto de alto desempenho demonstram as vantagens na sua utilização. Nesta altura, o CAD permite que o projeto de engenharia, seja mais eficiente em termos de custos e do uso de espaço.

Como já se relatou, o Concreto de Alto Desempenho é um material que apresenta vantagens em relação aos concretos convencionais, embora apresente comportamentos peculiares que demandam cuidado para assegurar seu desempenho. É resultado de evolução tecnológica e inovação, tendo grandes chances de ter sua utilização cada vez mais ampliada, apresentando-se como uma proposta de material de construção com características condizentes com as necessidades do Desenvolvimento Sustentável atual. Por todas estas razões o uso do concreto de alto desempenho é cada vez mais crescente, bem como o campo de aplicação torna-se cada vez mais amplo (Aïtcin, 2000).

REFERÊNCIAS

AÏTCIN, P. C. Concreto de Alto Desempenho. São Paulo: Pini, 2000.

AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. ACI-211-3R-02. Guide for Selecting Proportions for No-Slump concrete. Detroit, 2009.

_____. ACI-363R-92. State-of-art report on high strength concrete. Detroit, 1992.

_____. NBR 6118: Projeto e execução de obras de concreto armado. Rio de Janeiro, 2007.

_____. NBR 8953: Concretos para fins estruturais – Classificação pela massa específica, por grupos de resistência e consistência. Rio de Janeiro, 2009.

BACCIN, A.G.C.; PINHEIRO, L.M.. Propriedades mecânicas do concreto de alto desempenho para aplicação em edifícios. In: REUNIÃO DO IBRACON, 39., São Paulo, 1997. v.2, p.687-700.

CARVALHO, Roberto Chust; FIGUEIREDO FILHO, Jasson Rodrigues de. Cálculo e detalhamento de estruturas usuais de concreto armado: segundo a NBR 6118: 2014. Ciência Moderna, 2014.

CORDEIRO, Guilherme Chagas. Concreto de alto desempenho com metacaulinita. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual do Norte Fluminense. Centro de Ciência e Tecnologia. Laboratório de Engenharia Civil. Campos dos Goytacazes, RJ, 2001.

ELCONSTRUCTORCIVIL. Estructura del Concreto. Disponível em:
<<https://www.elconstructorcivil.com/2011/01/estructura-del-concreto.html>>. 2014

FERREIRA, Rui Miguel. Avaliação dos ensaios de durabilidade do betão.2000. 246 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola de Engenharia, Universidade do Minho, Braga, 2000.

MEHTA, P., K.; MONTEIRO, P., J., M. Concreto: Estrutura, propriedades e Materiais. São Paulo, Pini, 1994.

NEVILLE, A. M.; BROOKS, J. J. Tecnologia do concreto. 2ª ed. Porto Alegre, Bookman, 2013.

SOBRADINHO NOTÍCIAS. Barragem Hidrelétrica. Disponível em:
<<http://www.sobradinhonoticias.com/>>. 2016